

Приведенные в данной статье результаты анализа показали, что углекислый газ и фторнитрил по своим электрофизическим и химическим свойствам способны выполнять функции электроизолирующего и дугогасящего газа, при этом не токсичны, могут быть использованы при низких температурах: углекислый газ до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, смесь углекислого газа и фторнитрила до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ без использования элементов подогрева. В результате этого исчезает необходимость установки и размещения элементов подогрева, снижается величина энергопотребления на собственные нужды в условиях размещения электрооборудования в регионах с низкими рабочими температурами.

Список литературы

1. Федеральный закон от 4.11.2004 № 128-ФЗ «О ратификации Киотского протокола к рамочной конвенции организации объединенных наций об изменении климата» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/110480/> (дата обращения: 29.10.2014).
2. Fundamental Properties of CO_2 Gas as an Arc Quenching Medium and Thermal interruption performance of full-scale GCB Model / Uchii T., Kawano H., Nakamoto T., Mizoguchi H. // IEE-J Trans. B. 2004. Vol. 124. N 3. P. 469–475.
3. Fundamental research on SF_6 free Gas Insulated Switchgear adopting CO_2 gas and its mixtures / T. Uchii, Y. Hoshina, H. Kawano, K. Suzuki, T. Nakamoto // Proceedings of International Symposium on Eco Topia Science. 2007. P. 1296–1299.
4. CO_2 Circuit Breaker Arc Model for EMTP Simulation of SLF Interrupting Performance / K. Udagawa, T. Koshizuka, T. Uchii, T. Shinkai, H. Kawano // International Conference on Power Systems Transients (IPST 2011). Delft (the Netherlands), 2011. June 14–17 [Электронный ресурс]. URL: http://ipstconf.org/papers/Proc_IPST2011/11IPST037.pdf (дата обращения: 29.10.2014).
5. SF_6 Alternative development for high voltage switchgears / Y. Kieffel, A. Girodet, F. Biques, Ph. Ponchon (Alstom Grid, France), J. Owens, M. Costello, M. Bulinski, R. Van San, K. Werner (3M Company, USA, Belgium) // CIGRE 2014: Conference paper D1-305. Paris, 2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cigre.org> (дата обращения: 29.10.2014).

УДК 66.067.1

Шаймуллина Э. А.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
sh.elmira@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРИСТОГО СЛОЯ ТКАНЕВОГО ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ

Технический прогресс и бурное развитие промышленности, энергетики, сельского хозяйства последнего времени сопровождались резким увеличением загрязняющих веществ в атмосфере. По оценкам специалистов [1] в настоящее время промышленностью и транспортом в атмосферу планеты ежедневно вы-

брасывается до 1 млрд т пыли, что приводит к тяжелым последствиям для окружающей среды и крайне вредно действует на здоровье людей и животных.

Одним из наиболее широко используемых высокоэффективных методов очистки запыленных газовых потоков является процесс фильтрации. Очистка газового потока от загрязненных взвешенных частиц происходит при его прохождении через слой пористого материала. У фильтрующегося материала структура пористого слоя фильтра представляет собой хаотическую систему каналов и препятствий. Дисперсная часть выброса отделяется от газового потока в результате столкновения и прилипания частиц к препятствиям.

В связи с продолжающим нарастанием загрязняющих веществ в атмосферу в ближайшем будущем потребуются высокие технологии тонкой очистки газовых потоков от загрязненных взвешенных частиц, что обуславливает необходимость исследования процесса тонкой (окончательной) фильтрации субмикронных аэрозолей.

Одно из наиболее действенных средств тонкой очистки выбросов с дисперсными загрязнителями – пористые фильтры, среди которых наибольшую степень очистки обеспечивает использование волокнистых структур. Вместе с тем волокнистые фильтры энергозатратны, сложны в регенерации и имеют довольно высокую стоимость, что ведет к необходимости выполнения комплекса исследований в направлении совершенствования очистных технологий с их использованием.

Волокнистые структуры заменимы на тканые структуры, что открывает возможность решения проблемы ресурсосбережения. Однако на сегодняшний день недостаточно разработаны подходы к расчетам оптимальных параметров работы тканевых фильтров с реальной структурой, учитывающим образование автослоя. Недостаточно изучены вопросы взаимодействия загрязненных частиц с элементами фильтрующей среды. Обычно степень осаждения рассчитывается по эмпирическим зависимостям, которые получены на моделях препятствий, превышающих размеры волокон и нитей фильтрующего слоя на 2–3 порядка, ввиду чего они могут вносить существенные изменения в структуры потока. При фильтрации в пористом слое тканевого фильтра размеры препятствий и взвешенных частиц сопоставимы, что позволяет ожидать соизмеримости вносимых возмущений.

Целью работы является исследование процесса фильтрационной очистки выбросов в пористом слое тканевого фильтра со структурой, приближенной к реальной структуре.

Уточненное изучение процесса обтекания препятствий размером менее 10^{-3} м может быть выполнено на основе численного эксперимента методами вычислительной гидродинамики (*Computational Fluid Dynamics, CFD*). В данной работе изучалась возможность адекватного моделирования геометрии пористой среды тканевого фильтра в начальном состоянии, от которого при неизменных характеристиках запыленности потока зависит скорость образования фильтрующего автослоя на ткани. Были проведены численные исследования схем обтекания газовым потоком двух непроницаемых препятствий круглого сечения диаметром $D_{об} = 50$ мкм в прямоугольном канале 400×200 мкм методом

RANS (*Reynolds-averaged Navier-Stokes*, 2d-модель) и $400 \times 200 \times 1000$ мкм методом LES (*Large Eddy Simulation*, 3d-модель). Расстояние от центра препятствия до стенки канала 50 мкм, между центрами препятствий 100 мкм (см. рисунок). Исследования проводились при различных значениях числа Рейнольдса для препятствия Re_{ob} (0,1–100). Такая схема рассматривалась как приближенная к начальной структуре тканевого фильтра, поскольку габариты портов пропуска потоков (проходов между непроницаемыми объектами) соизмеримы по размеру с препятствиями.

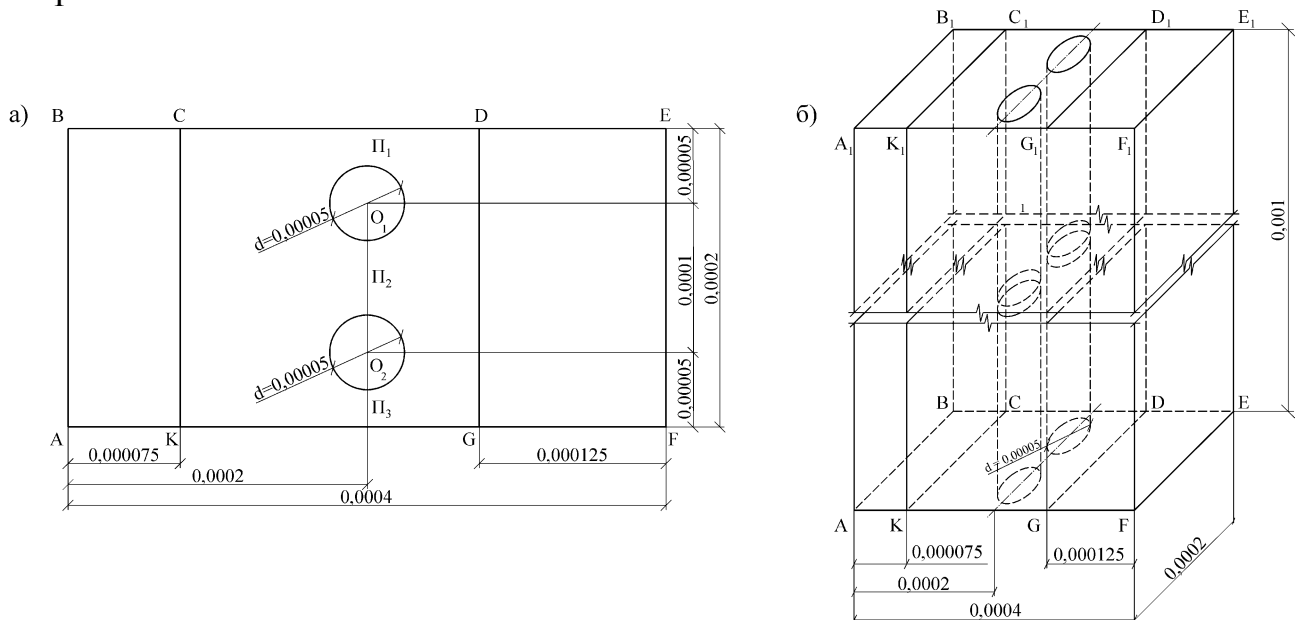


Схема обтекания потоком двух препятствий в канале размером 400×200 мкм при решении методами RANS (а) и LES (б)

В численном эксперименте давление, температура и средняя влажность потока приняты постоянными, а процесс – происходящим без фазовых переходов. Решалась изотермическая задача, сжимаемость потока газа не учитывалась. Плотность и динамическая вязкость потока приняты постоянными и определены по воздуху для температуры $20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\rho = 1,205\text{ кг/м}^3$, $\eta = 18,1 \cdot 10^{-6}\text{ Па}\cdot\text{с}$. Запыленность потока не учитывалась, частицы потока не моделировались.

Были приняты следующие граничные условия: вход в канал – *velocity-inlet*, выход из канала – *pressure-outlet*, ограждения канала и поверхности обоих препятствий – *wall*.

Проведенные исследования показывают, что при фильтрации с Re_{ob} вплоть до 100 (т. е. до значения скоростей, превышение которого в тканевых фильтрах на практике не встречается) зоны чистых потенциальных течений в пористой среде отсутствуют. Структура потока образуется как результат сложного взаимодействия большого числа вязких пограничных слоев у препятствий и ограждений, накладывающихся на отдельные участки потенциальных течений. Так, например, в рамках рассмотренной предельно упрощенной модели фильтрующих элементов из двух круглых препятствий микрометрового и двух плоских ограждений сантиметрового диапазонов размеров прохождение потока регулируется посредством взаимовлияния энергий четырех вязких пограничных слоев двух препятствий с одним потенциальным течением между ними, которые два-

жды перекрываются вязкими слоями противоположных ограждений. Очевидно, что с любым изменением геометрических характеристик системы изменится и энергетический баланс вязких структур потока [2].

Проведенные исследования обтекания потоком двух препятствий в канале методами RANS и LES показали непротиворечивые и сопоставимые друг с другом результаты.

Следовательно, параметры прохождения потока при фильтрации через пористую среду в определенной степени зависят от структуры фильтра, характерными параметрами которого при использовании тканых материалов являются расстояния между нитями (элементами), формы их сечения, способы сочетания, расположение относительно потока. Это предоставляет возможность оптимизации энергопотребления процесса фильтрации путем подбора оптимальных геометрических параметров пористой среды.

Список литературы

1. Романюк Ю. В. Процесс пылеулавливания из аспирационных и технологических пылегазовых потоков комбинированными фильтровальными структурами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2010. 18 с.
2. Зиганшин М. Г., Шаймуллина Э. А. Параметры обтекания газовым потоком элементов структуры тканевого фильтра в CFD-модели // Известия КазГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 129–134.

УДК 621.357.1

Шанаурин А. В., Шнайдер Е. А., Чернышов А. А., Останин Н. И.
Уральский федеральный университет,
n.i.ostanin@urfu.ru

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ВЫХОД ПО ТОКУ ПРИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИИ НИКЕЛЯ ИЗ СУЛЬФАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Получение чистых металлов электроэкстракцией из водных растворов электролитов является энергозатратным производством. Удельный расход электроэнергии составляет 3400–4000 кВт·ч на тонну катодного никеля. Основными факторами, влияющими на энергопотребление, являются напряжение на ванне и катодный выход по току. Снижения напряжения на ванне добиваются введением в раствор компонентов, увеличивающих его электропроводность, повышением температуры электролита, использованием новых диафрагменных материалов, обеспечивающих минимальное падение напряжения. Увеличения катодного выхода по току никеля достигают подбором состава электролита и условий электролиза.

Целью работы является выбор параметров электролиза, позволяющих получить максимальный выход по току при электроосаждении никеля из сульфатного электролита.